

УДК 681.2-027.31

**ДАТЧИК АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДСЧЕТА  
ОБЪЕМА ВВОДИМОГО ЛЕКАРСТВЕННОГО  
СРЕДСТВА**

А.Ш. Буреев\*, Д.С. Жданов\*, К.П. Плеханов\*\*,  
В.И. Сырямкин, Д.И. Шелефонтьук\*\*, С.А. Клестов\*\*\*

Томский государственный университет

\*ООО «ИнАвТех», г. Томск

\*\*ООО «НИТЭК», г. Томск

\*\*\*ОАО «НИИПП», г. Томск

E-mail: D\_S\_Zhdanov@mail.ru

**Сырямкин Владимир Иванович**, д-р техн. наук, профессор, директор МУИПЦ «Технологический менеджмент» Томского государственного университета.

E-mail: D\_S\_Zhdanov@mail.ru

Область научных интересов: мехатронные системы, интеллектуальные автоматизированные системы, адаптивные алгоритмы.

**Буреев Артем Шамильевич**, директор ОАО «Диагностика+» E-mail: artem\_bureev@mail.ru. Область научных интересов: медицинское приборостроение, интеллектуальные автоматизированные системы.

**Жданов Дмитрий Сергеевич**, ведущий программист ОАО «Диагностика+», г. Томск.

E-mail: D\_S\_Zhdanov@mail.ru

Область научных интересов: медицинское приборостроение, интеллектуальные автоматизированные системы.

**Шелефонтьук Дмитрий Иванович**, канд. техн. наук, директор ООО «НИТЭК», г. Томск.

E-mail: Shdi@iao.ru

Область научных интересов: электронные системы, приборостроение.

**Плеханов Константин Павлович**, технический директор ООО «НИТЭК», г. Томск.

E-mail: Shdi@iao.ru

Область научных интересов: электронные системы, приборостроение.

**Клестов Семен Александрович**, инженер-электроник ОАО «Диагностика+», г. Томск.

E-mail: klestov.semen@list.ru

Область научных интересов: электронные системы, приборостроение.

Описывается датчик подсчета объема и скорости подачи жидкого лекарственного средства, вводимого пациенту во время проведения процедуры инфузии в стационаре медицинского учреждения. Приводится классификация существующих расходомеров и принцип построения авторского емкостного флуктуационного датчика скорости потока жидкого лекарственного средства.

**Ключевые слова:**

Емкостной флуктуационный датчик скорости потока жидкого лекарственного средства, расходомер, расход жидкости, регулятор расхода, капельный расходомер.

**Key words:**

Capacity fluctuation velocity gage of a liquid medicine stream, a flowmeter, liquid flow, flow control, drop flowmeter.

В отечественных медицинских учреждениях используются традиционные капельные дозаторы, «капельницы». При всех своих достоинствах (дешевизна, доступность, возможность использования на всех этапах врачебной помощи и т. д.) они обладают рядом недостатков:

низкая точность при введении лекарственных средств; отсутствие обратной связи при внештатных ситуациях (ухудшение самочувствия пациента, прекращение инфузии по различным причинам); затрата излишнего времени среднего медперсонала на очный мониторинг процедуры инфузии.

В связи с этим авторским коллективом было принято решение разработать датчик скорости потока и учета объема вводимого жидкого лекарственного средства, который, в составе уникальной интеллектуальной системы контроля состояния капельниц, позволил бы автоматизировать труд среднего медицинского персонала, снизить смертность пациентов во время проведения процедуры инфузии

жидкого лекарственного средства.

В настоящее время для подсчета количества жидкостей, проходящих по инфузионным трактам, используется несколько типов расходомеров. Существует много различных признаков, по которым можно классифицировать расходомеры (например, по точности, диапазонам измерений, виду выходного сигнала и т. п.). Однако наиболее общей является классификация по принципам измерений, по тем физическим явлениям, с помощью которых измеряемая величина преобразуется в выходной сигнал первичного преобразователя расходомера. Из множества принципов укажем только на основные, использование которых позволяет удовлетворить основные требования к датчику расхода системы контроля капельниц.

По принципу измерений расходомеры классифицируют по следующим основным группам (указываемый для каждой классификационной группы расходомеров принцип преобразования относится к их первичным преобразователям- датчикам):

- электромагнитные;
- ультразвуковые;
- тепловые;
- оптические;
- меточные;
- капельные.

Разработанный авторским коллективом емкостной флуктуационный датчик скорости потока жидкого лекарственного средства основан на принципе изменения диэлектрической проницаемости измерительного объема.

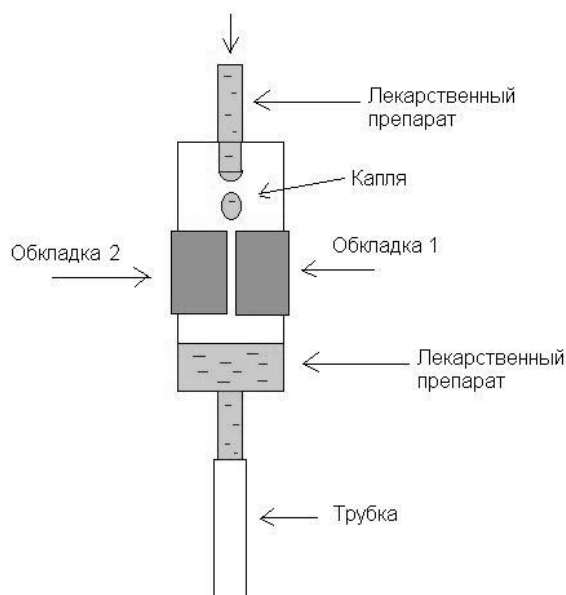
Принцип работы такого расходомера основан на свойстве конденсатора изменять свою емкость при изменении диэлектрической проницаемости материала, заполняющего пространство между обкладками конденсатора.

Емкость плоского конденсатора рассчитывается в соответствии с формулой (1).

$$C = \frac{\epsilon \times \epsilon_0 \times S}{d} \quad (1)$$

где  $C$  – емкость конденсатора,  $\epsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость,  $\epsilon_0 = 8,86 \times 10^{-12}$ , Ф/м – диэлектрическая постоянная,  $S$  – площадь обкладки,  $d$  – расстояние между обкладками. Для воздуха  $\epsilon \approx 1$ , для воды  $\epsilon \approx 80$ , следовательно, даже небольшое количество воды между обкладками конденсатора будет приводить к флуктуациям его емкости.

Устройство измерительного конденсатора представлено на рис. 1.



**Рис. 1.** Устройство измерительного конденсатора

На рис. 1 показана колба капельницы, непосредственно подключаемая к емкости с лекарственным препаратом. Колба представляет собой цилиндр диаметром 14 мм и высотой 45 мм. Две обкладки конденсатора размерами примерно 10×20 мм плотно облегают цилиндр, к обкладкам подключены проводники.

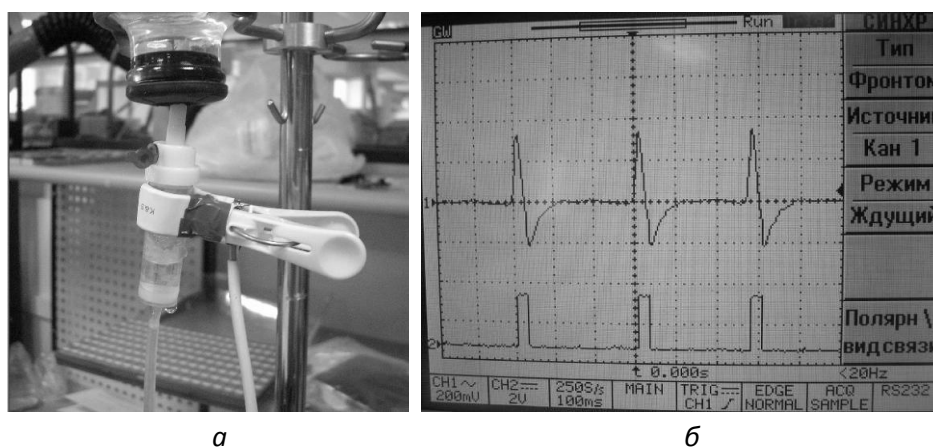
Функциональная схема датчика капель представлена на рис. 2.



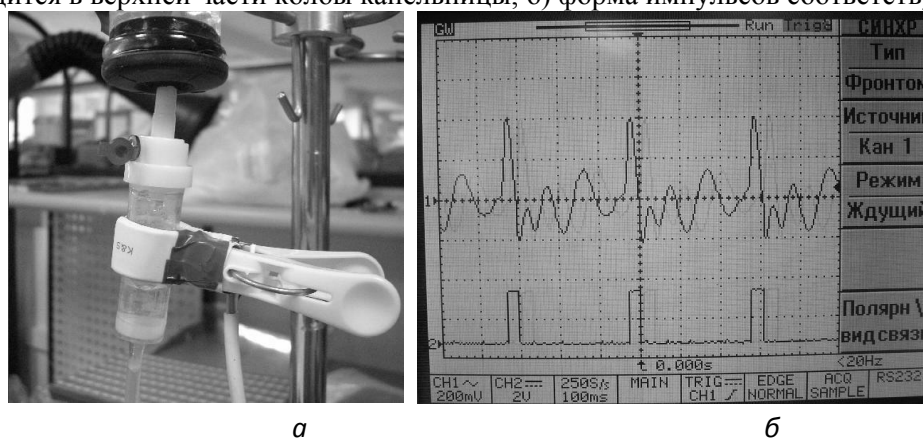
**Рис. 2.** Функциональная схема датчика капель

Напряжения питания всей схемы стабилизируется на уровне 3,3 В при помощи стабилизатора напряжения. Напряжение опорного сигнала с частотой примерно 5 МГц и амплитудой около 20 В подается на левую обкладку флукутационного датчика капель (ФДК) конденсатора (рис. 2). Напряжение высокой частоты с правой обкладки ФДК конденсатора измеряется амплитудным детектором. При движении капли между обкладками ФДК конденсатора амплитуда напряжения увеличивается примерно на 1 мВ. Длительность протектированного импульса составляет 20...30 мс. Сигнал фильтруется, усиливается примерно в 400 раз и подается на компаратор. Пороговое напряжение формируется специальным пиковым детектором, имеет сложную форму и динамически меняет свой уровень в зависимости от амплитуды сигнальных импульсов. Если входные импульсы превышают по амплитуде установленный порог, компаратор выдает цифровые импульсы амплитудой около 3,3 В. Длительность этих импульсов примерно равна времени пролета капли между обкладками ФДК конденсатора. Формирователь служит для создания цифровых импульсов длительностью примерно 50 мс, независимой от формы и длительности сигнальных импульсов [1–6].

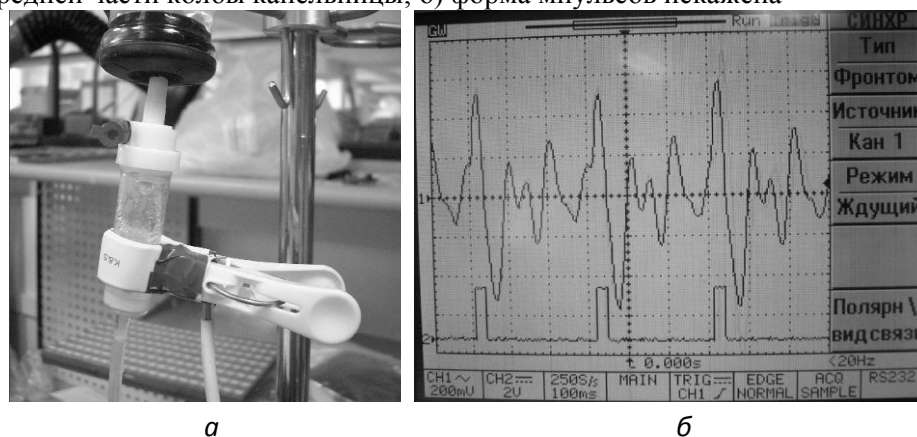
Исследование формы сигнальных импульсов ФДК проводилось для трех положений измерительного конденсатора на колбе капельницы – верхнем, среднем и нижнем. Исследование проводилось с целью выработки рекомендаций по наиболее оптимальному расположению измерительного конденсатора. Результаты измерений представлены на рис. 3–5.



**Рис. 3.** Результаты исследования формы сигнальных импульсов: а) измерительный конденсатор находится в верхней части колбы капельницы; б) форма импульсов соответствует модельной



**Рис. 4.** Результаты исследования формы сигнальных импульсов: а) измерительный конденсатор находится в средней части колбы капельницы; б) форма импульсов искажена



**Рис. 5.** Результаты исследования формы сигнальных импульсов: а) измерительный конденсатор находится в нижней части колбы капельницы; б) форма импульсов сильно искажена

Анализ рис. 3–5 показывает, что наименьшие искажения сигнала достигаются при размещении измерительного конденсатора в верхней части колбы капельницы, хотя амплитуда сигнала несколько меньше, чем в двух других случаях.

Расходомер по флуктуациям емкости измерительного конденсатора не имеет непосредственного контакта с лекарственным препаратом и удовлетворяет требуемой точности измерений, так как является, по сути, счетчиком капель (как и традиционные капельные дозаторы).

Создание расходомера накладного типа (без непосредственного соприкосновения с жидкостью), обладающего высокими точностными характеристиками, пригодного для измерения малых расходов жидкости и использующего в своей основе новый, незапатентованный ранее принцип подсчета расхода лекарственного препарата, является ответом поиска технического решения данного узла системы.

В дальнейшем видится коммерчески привлекательным выпуск расходомеров данного типа на рынок и вне систем контроля капельниц.

### **Заключение**

В результате работ, проведенных авторским коллективом, был создан принципиально новый емкостной флуктуационный датчик скорости потока жидкого лекарственного средства, предназначенный, в первую очередь, для подсчета объема введенного вещества во время проведения процедуры инфузии пациента. Датчик входит в состав интеллектуальной автоматизированной системы контроля состояния капельниц, позволяющей автоматизировать процесс проведения процедуры инфузии. Также датчик может быть использован в других областях науки и техники при проведении научных экспериментов и оптимизации производств.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ерюхин А.В. Измерение вакуума. – М.: Изд-во стандартов, 1967. – 305 с.
2. Боровков В.М., Атанов Ю.А., Золотых Е.В. и др. Исследования в области высоких давлений / под ред. Е.В. Золотых. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 304 с.
3. Богдатыев Е.Е., Колтаков В.К., Федяков Е.М. Измерение переменных давлений. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 216 с.
4. Бирюков Б.В., Данилов М.А., Кивилис С.С. Точные измерения расхода жидкостей. – М.: Машиностроение, 1977. – 186 с.
5. Кремлевский П.П. Расходомеры. – М.-Л.: Машиностроение, 1963. – 630 с.
6. Павловский А.Н. Измерение расхода и количества жидкостей, газа и пара. – М.: Стандартгиз, 1967. – 416 с.

Поступила 26.10.2011г.